

519,847

Rec'd PCT/PTO 3 JAN 2005

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international**



**(43) Date de la publication internationale
29 janvier 2004 (29.01.2004)**

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/009877 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : C25D 17/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002261

(22) Date de dépôt international : 17 juillet 2003 (17.07.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

02/09199 19 juillet 2002 (19.07.2002) FR

MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31/33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).

(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : HENRY,

David [FR/FR]; Les Terrasses de Belledonne, F-38660 Le Touvet (FR). **LOCATELLI**, Christel [FR/FR]; 51bis, rue des Ayguinards, F-38240 Meylan (FR). **TERRIER**, Thierry [FR/FR]; 20, rue Léon Jouhaux, F-38100 Grenoble (FR). **BARROIS**, Gérard [FR/FR]; 3, lotissement La Garde, F-38120 Le Fontanil (FR).

(74) Mandataire : GUERRE, Fabien; c/o Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(81) État désigné (*national*) : US.

(84) États désignés (*régional*) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

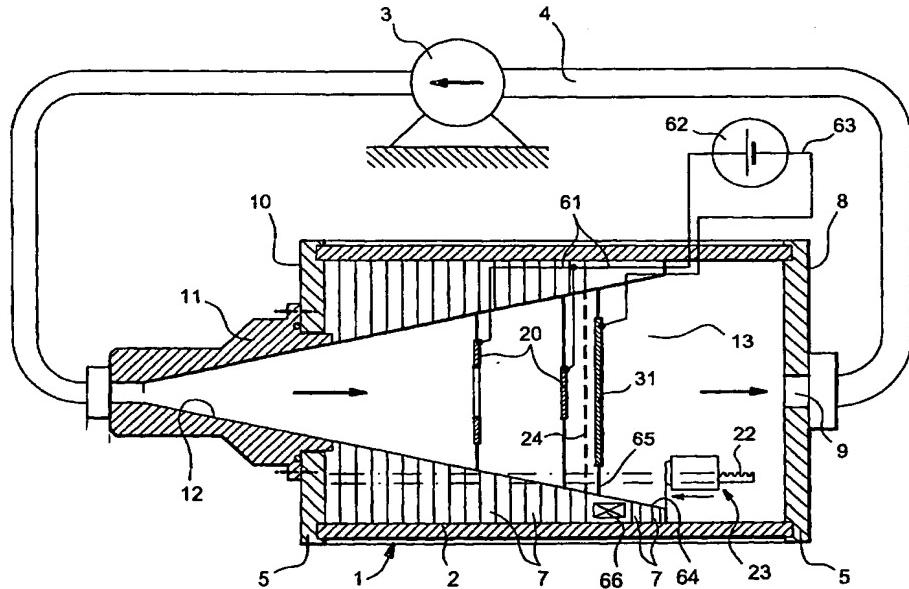
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ELECTROLYTIC REACTOR

(54) Titre : REACTEUR ELECTROLYTIQUE



(57) Abstract: The invention concerns an electrolytic reactor (2) comprising a tapered recess consisting of removable slabs (13) through which the electrolyte flows towards a component (31) to be coated under the action of a pump ensuring forced circulation. The component is cathode-polarized, opposite a coaxial anode (20) in the recess (13). Said configuration produces a good flow of the electrolyte in front of the component conducive to an accelerated deposition as well as uniform thickness of the coating material, and the dimensions of the reactor can be increased.

[Suite sur la page suivante]



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Un réacteur (2) électrolytique comporte un évidement conique composé de tranches amovibles (13) à travers lequel s'écoule l'électrolyte vers une pièce (31) à revêtir sous l'action d'une pompe établissant sur circulation forcée. Une polarisation de la pièce en cathode est réalisée, face à une anode (20) coaxiale dans l'évidemment (13). Cette configuration mène à un bon écoulement de l'électrolyte devant la pièce, propice à un dépôt à la fois accéléré et d'épaisseur uniforme de la matière de revêtement, et les dimensions de la chambre peuvent être ajoutées.

REACTEUR ELECTROLYTIQUE

DESCRIPTION

Il sera ici traité d'un réacteur
5 électrolytique, notamment dans une application de
revêtement de surface d'une pièce prise comme
électrode.

Le revêtement de pièces par voie
électrolytique est une technique bien connue qui
10 présente l'avantage d'être peu coûteuse tout en
permettant de réaliser des dépôts épais de quelques
dizaines de microns dans certains cas, par exemple pour
le cuivre. De plus, la mise en œuvre de cette technique
est simple. Elle est donc préférée à d'autres,
15 notamment aux dépôts par pulvérisation ou par
évaporation; dans des applications où une concurrence
existe entre elles, comme la fabrication de pièces en
micro-électronique et micromécanique.

Une formation satisfaisante du revêtement
20 électrolytique n'est pourtant pas toujours assurée. Les
défauts auxquels on peut assister sont une inégalité
d'épaisseur sur la surface ou une lenteur excessive de
la croissance du matériau déposé électrolytiquement. De
plus, prévoir un procédé convenable, c'est-à-dire dont
25 les paramètres donnent un résultat satisfaisant et
reproductible pour l'application envisagée, est
malaisé, et ces paramètres varient fortement avec
l'application, ce qui est particulièrement regrettable
pour les micro-systèmes, qui exigent des dépôts très
30 dissemblables. Enfin, on souhaite parfois de soumettre
le revêtement à un champ magnétique pour réaliser un

dépôt particulier avec une orientation magnétique préférentielle du matériau. Cela implique de placer un aimant autour de la cathode ou autour du réacteur, et donc de limiter la taille de celui-ci et en pratique de 5 rendre immobile la cathode pour éviter l'altération des caractéristiques magnétiques correspondantes du matériau.

On a été ainsi conduit à discerner les paramètres suivants comme essentiels pour obtenir un 10 dépôt d'épaisseur homogène : l'électrolyte, et notamment sa conductivité ; la densité du courant en régime continu ou les paramètres de ses pulsations en régime pulsé ; la constitution géométrique du réacteur, notamment sa taille et sa forme, et les positions et 15 les tailles relatives des électrodes ; enfin, les conditions d'agitation et de circulation de l'électrolyte près de la pièce à revêtir.

Les déplacements d'espèces chimiques dans l'électrolyte se font par migration, par diffusion ou 20 par convection, qui dépendent respectivement de la différence de potentiel appliquée entre les électrodes, des différences de concentration dans l'électrolyte et de l'agitation du bain. Mais le phénomène prépondérant au lieu du revêtement est la diffusion. Une 25 concentration homogène de la matière composant le revêtement dans l'électrolyte est donc nécessaire devant la surface à revêtir.

Un procédé connu pour promouvoir la circulation de l'électrolyte et son renouvellement 30 devant la surface à revêtir consiste à déplacer une palette devant la surface à revêtir pour agiter

l'électrolyte. Un autre procédé consiste à faire circuler l'électrolyte dans un circuit au moyen d'une pompe, ce circuit passant devant la surface. Le document US 5 516 412 - A les illustre.

5 Ces procédés donnent souvent des résultats convenables mais, favorisant plutôt l'agitation turbulente du bain, ils ne conviennent pas à toutes les situations et des perfectionnements sont souhaités.

L'objet fondamental de l'invention est de
10 régulariser l'écoulement de l'électrolyte, notamment devant la pièce à revêtir, et la polarisation électrique pour accroître l'uniformité et la vitesse de dépôt du revêtement.

Sous sa forme la plus générale, l'invention
15 est ainsi relative à un réacteur électrolytique, caractérisé en ce qu'il comprend une chambre conique ouverte à deux extrémités opposées, un support d'une pièce à revêtir (cathode) et une contre-électrode (anode) disposées dans la chambre ou éventuellement à
20 sa sortie, respectivement vers l'extrémité large et l'extrémité étroite, et un moyen de circulation d'électrolyte à travers la chambre de l'extrémité étroite à l'extrémité large.

L'épanouissement progressif, et amorcé bien
25 en amont de celle-ci, de l'écoulement vers la pièce à revêtir contribue à cet objet.

La chambre est composée de tranches empilées et d'une armature de maintien et de serrage des tranches, ce qui confère au réacteur des propriétés
30 de modularité très utiles quand on l'applique à d'autres pièces ayant des dimensions différentes et

nécessitant des paramètres géométriques de dépôt différents. L'écoulement est en effet plus régulier dans la chambre conique qu'à sa sortie, ce qui rend préférable d'y placer la pièce à revêtir plutôt qu'à 5 ladite sortie, même si des résultats convenables peuvent encore être obtenues alors. Des tranches aux ouvertures contenant largement la pièce à revêtir et son support sont prévues. Cette modularité est accrue si l'une au moins des tranches contient une empreinte 10 pour y loger l'anode ou son support, car il devient possible d'ajuster la position de l'anode ou de changer la forme de celle-ci. Il est préférable qu'un grand nombre des tranches possède cette propriété. La 15 modularité peut être exploitée pour adapter le dispositif à une pièce à revêtir ayant une forme ou une superficie déterminée, ou encore pour modifier la répartition des lignes de courant menant à la pièce (ce qu'on appelle l'"effet diaphragme" décrit plus loin). Dans le premier cas, on ajoutera ou enlèvera des 20 tranches 7 en amont de la pièce ; dans le second cas, en aval.

On préconise que la chambre conique ait un angle d'ouverture inférieur à 20° et régulier, et plus encore inférieur à 14° ; que la circulation de 25 l'électrolyte soit coaxiale à la chambre conique dans une cuve contenant ladite chambre, et que le dispositif comprenne un circuit d'électrolyte se bouclant sur la cuve ; et encore que le circuit d'électrolyte se raccorde à l'extrémité étroite de la chambre par une 30 buse ayant une ouverture conique prolongeant la

chambre ; toutes dispositions contribuant aussi à la régularité de l'écoulement.

Un autre perfectionnement concerne la cathode (la pièce à revêtir) et son support, car on souhaite que les moyens de fixation de la pièce sur le support ne perturbent que peu l'écoulement et ne forment notamment par de reliefs importants. La disposition qu'on propose à cette fin consiste à assurer la fixation de la pièce par les contacts électriques mêmes qui la polarisent : alors, le support de la pièce à revêtir comporte des contacts électriques de polarisation cathodique de la pièce qui sont disposés autour du support et qui comprennent une extrémité libre pressée sur la pièce, et une extrémité de connexion s'étendant sur une face du support opposée à la pièce. Une réalisation astucieuse se caractérise en ce que les extrémités de connexion des contacts électriques sont reliées à des branches flexibles d'un connecteur en étoile, uni au support par un mécanisme à écartement variable, en ce que le support comprend des butées sur lesquelles les branches fléchissent, et les contacts électriques sont en forme de crochets recourbés se dressant sur les branches.

A cet endroit, l'écoulement est encore amélioré si la pièce à revêtir et son support dessinent une surface lisse commune, soit que le support de pièce comprenne un logement de pourtour et de profondeur ajustés à la pièce.

Enfin, la modularité est encore améliorée si elle concerne aussi le porte-cathode, soit que le

support de la pièce soit monté amovible sur une armature délimitant la chambre conique.

Un aspect essentiel de l'invention reste que la chambre conique, le support de la pièce à revêtir, la pièce elle-même, l'anode, et aussi de préférence les branchements du circuit de circulation de l'électrolyte à travers la chambre, sont coaxiaux pour atteindre le plus facilement les objectifs visés ; les électrodes, anode et cathode, étant donc suspendues au centre de la chambre.

L'invention sera maintenant décrite plus complètement en liaison aux figures :

- la figure 1 est une vue globale du réacteur ;
- 15 - la figure 2 illustre une tranche délimitant la chambre du réacteur, et des pièces adjacentes ;
- les figures 3 et 4 illustrant deux états du porte-cathode ;
- 20 - la figure 5 illustre une autre tranche ;
- la figure 6 illustre un détail de cette tranche ;
- la figure 7 illustre un moyen complémentaire de manipulation ;
- 25 - la figure 8 illustre un coulisseau de démontage ; et
- la figure 9 illustre l'emploi de ce coulisseau.

Passons maintenant à la description complète de l'invention par les figures. L'invention comprend une cuve 1 emplie d'électrolyte et contenant

aussi une structure qui constitue le réacteur 2 proprement dit, c'est-à-dire le lieu où l'électrolyse s'effectue et le revêtement se forme. Une pompe 3 assure une circulation de l'électrolyte par un conduit 5 4 en boucle dont les extrémités se branchent sur des orifices opposés de la cuve 1 en établissant une circulation à travers le réacteur 2. La cuve 1 comprend des pieds 5 permettant de la poser sur une table ou une autre surface. Les pieds 5 permettent aussi de pencher 10 la cuve 1 pour effectuer des opérations de vidange ou de maintenance. Le réacteur 2 est composé d'une série de tranches 7 empilées les unes sur ou contre les autres, dont les bords extérieurs sont uniformes. Les tranches 7, comprennent toutes un évidement central 15 conique, et ces évidements pris en prolongement dessinent eux-mêmes un évidement conique 13 global (chambre) s'amenuisant d'un côté où le réacteur 2 est adjacent à un flanc de la cuve 1 et s'épanouissant vers le flanc opposé de la cuve 1, sans cependant arriver 20 jusqu'à lui. Ce deuxième flanc 8 porte un orifice 9 par lequel l'électrolyte est aspiré dans le conduit 4, alors que le flanc 10 dont il a été question auparavant porte une buse d'injection 11 à travers laquelle 25 l'électrolyte est envoyé dans le réacteur 2 ; la buse 11 comprend aussi un évidement 12 conique s'ajustant à l'évidement conique 13 du réacteur 2.

Les tranches 7 sont sensiblement carrées tout en comprenant quelques entailles comme le montre celle qui est représentée complètement à la figure 2. 30 Une de ces entailles est triangulaire, porte la référence 18 et permet au technicien de placer

convenablement les tranches 7 dans la cuve 1, en ajustant l'entaille 18 sur une glissière 21 placée sur le fond de la cuve 1. Deux autres entailles 19 affectent les flancs opposés des tranches 7 et 5 permettent de les faire coulisser sur des crémaillères 22 fixées aux parois de la cuve 1 et sur lesquelles coulisse, en engrenant, un chariot de blocage 23 qui comprime l'empilement des tranches 7 du réacteur 2. La tranche 7 représentée ici est destinée à la fixation 10 d'une anode 20 dont seule la silhouette est représentée ici et qui peut être un disque, une couronne, une grille ou toute autre structure selon les distributions des lignes de courant électrique et d'écoulement de l'électrolyte qu'on veut voir s'établir. Une anode 20 pleine peut réduire à l'excès l'écoulement au centre, et une anode 20 en couronne peut concentrer le dépôt de matière devant elle, c'est-à-dire près de la périphérie 15 de la pièce à revêtir. Une disposition intéressante pourra alors consister en une pluralité d'anodes 20 concentriques, s'étendant à des rayons différents et placées sur des tranches 7 diverses du réacteur 2, ce 20 qu'illustre la figure 1. Si plusieurs anodes 20 sont employées à la fois, elles pourront être polarisées indépendamment afin d'appliquer des courants différents 25 sur chacune d'elles et compenser ainsi d'éventuels effets de bord sur la cathode.

La capture des bulles éventuellement présentes dans l'électrolyte (comme hydrogène généré par la réaction électrochimique) - peut être obtenue 30 avec une grille de diffusion 24 sans propriétés électriques placée devant la cathode.

Quelle que soit la configuration retenue, l'anode 20 est logée dans la tranche 7 qui lui est affectée par des bras 25 enfoncés dans des encoches 26 verticales opposées de la tranche 7. Le bras 25 supérieur contient un conducteur de l'électricité 61 et finit sur un connecteur 27 enfoncé dans un creux 28 de la tranche 7. La tranche 7 comprend encore des perçages 29 à mi-hauteur, de direction horizontale et qui reçoivent des broches 60 interdisant à l'anode 20 de pivoter. Le connecteur 27 reçoit un fil 61 menant à la borne positive d'un générateur 62 à courant continu illustré à la figure 1 ; le fil 61 est gainé pour toute sa longueur plongée dans la cuve, sauf à l'extrémité engagée dans le connecteur 27.

Se reportant à la figure 3, des détails du porte-cathode 30 (support de la pièce) apparaissent. On sait que c'est la pièce elle-même dont la surface est à revêtir qui fait office de cathode dans les procédés de revêtement électrolytique. La pièce est ici une plaquette 31 mince posée sur un substrat 32 qui comprend un logement antérieur 33 dont l'étendue et la profondeur sont adaptées à celle de la plaquette 31, de manière qu'elle puisse s'y loger substantiellement sans jeu et sans former de saillie ni de creux. Une telle disposition égalise l'écoulement de l'électrolyte devant le porte-cathode 30 et la plaquette 31. Le substrat 32 comprend aussi un logement postérieur 34 à gradin circulaire 35 dans lequel s'étend une étoile 36 mécanique, formée d'un moyeu central d'où se détachent des bras 37 rayonnants dont les extrémités s'appuient sur le gradin 35. Les bras 37 portent des contacts

électriques 38, gainés afin d'assurer l'isolation électrique vis-à-vis de l'électrolyte, et qui s'étendent d'abord obliquement à travers des entailles 39 ménagées à la périphérie du substrat 32, puis vers 5 l'avant avant de se recourber en un demi-tour et de finir par des embouts isolants électriquement 40, préférentiellement en forme de ventouse et permettant d'isoler électriquement l'aménéée de courant de l'électrolyte sur la plaquette 31. Ainsi, les contacts 10 électriques 38 assurent non seulement une connexion électrique avec la plaquette 31 mais une fixation mécanique en la maintenant dans le logement 33.

L'étoile 36 porte une vis 41 qui y est retenue à une position constante et dont la rotation 15 dans un taraudage 42 de la face postérieure du substrat 32 produit une élévation ou un enfoncement de la tête et donc une flexion de l'étoile 36 par l'appui des bras 37 sur le gradin 35. Cette flexion est rendue possible 20 par des affaiblissements 43 de la section des bras 37 qui forment des points d'articulation. L'agencement est tel que, comme le montre la figure 4, l'enfoncement de la vis 41 et la flexion des bras 37 de l'étoile 36 produit un basculement des contacts électriques 38 qui soulève les extrémités 40 de la plaquette 31 et les 25 déplace vers l'extérieur, en s'écartant de la plaquette 31 qui peut donc être enlevée ou remplacée.

Les contacts électriques 38 peuvent être en nombre réglable s'ils sont encastrés dans les bras 37 par des liaisons séparables et notamment élastiques. 30 Ils peuvent ainsi comprendre un bouton 44 déformable enfoncé à travers des perçages des bras 37 pour s'y

maintenir à une position constante tout en établissant le contact électrique avec des fils électriques 46 noyés dans les bras 37. Les fils électriques 46 se raccordent par une roue conductrice 47 à un fil de connexion commun 63 menant à la borne négative du générateur 62. La modification du nombre de contacts électriques 38 permet elle aussi d'ajuster la circulation du courant électrique et l'écoulement de l'électrolyte dans et devant la plaquette 31.

Le porte-cathode 30 est retenu dans une armature 64 par des bras 65 semblables à ceux (25) de l'anode 20.

Les contacts électriques 38 sont, comme les fils électriques 61 et 63, gainés où l'électrolyte les baigne.

Par la liberté d'aménagement qu'il autorise, surtout avec la division du réacteur 2 en tranches 7, le dispositif proposé ici permet d'ajuster finement les caractéristiques hydrodynamiques et électriques du procédé et donc de parvenir plus aisément à un revêtement satisfaisant sur la plaquette 31. Il est possible non seulement de modifier facilement le nombre et la disposition des électrodes, mais aussi la longueur et la section de l'évidement conique 13 en choisissant une partie seulement de toutes les tranches 7 disponibles. On peut créer un effet "diaphragme" plus ou moins prononcé au niveau de la cathode, par enlèvement ou ajout du nombre voulu de tranches 7. Cet effet se caractérise par le fait qu'il est possible de limiter les lignes de courant sur les

bords de la cathode et de les concentrer dans sa partie centrale.

Il sera d'autant plus prononcé que le rapport entre le diamètre en sortie du cône et le diamètre du substrat à revêtir (la plaquette 31) diminuera. On fait varier ce rapport en enlevant ou en ajoutant des tranches 7.

Naturellement et dans la plupart des cas, le dépôt électrolytique se fait en forme de cuvette avec plus de matière sur les bords qu'au centre. Créer un défaut de matière sur les bords permet d'aplanir le profil et de tendre vers un profil plat et donc d'améliorer l'homogénéité du dépôt.

Quand le dispositif a une configuration donnée pour une taille de substrat à revêtir donnée, pour traiter un substrat de taille inférieure, on adapte le porte-cathode 30 et on peut enlever des tranches 7 jusqu'à obtenir l'effet désiré :

- effet diaphragme à petite ouverture du cône ;
- écoulement normal à grande ouverture du cône.

De même, pour obtenir un effet diaphragme sur un substrat plus grand, on ajoute des tranches.

La compression de l'empilement est maintenue par le chariot 23 mobile sur les crémaillères 22.

L'ouverture faible (environ 20° ou moins, et de préférence environ 14° ou moins) de conicité de l'évidement 13 permet une grande régularité de l'écoulement, qui est encore accrue si les

irrégularités géométriques sont réduites et surtout si la surface de l'évidement 13 est bien lisse : les turbulences de l'écoulement sont alors presque inexistantes.

5 On doit ajouter qu'une fixation de la plaquette 31 par une aspiration sur le porte-cathode 30 reste possible.

Enfin, des aimants 66 de polarisation magnétique de la plaquette 31 peuvent facilement être
10 logés dans l'armature 64, dans le porte-cathode 30 ou autour du réacteur 2 à condition de les placer, de telle manière qu'ils orientent magnétiquement le matériau déposé sur la plaquette 31.

Il est convenable de remplacer la buse 11
15 unitaire par un empilement de tranches 7 amovibles composant une buse réglable.

En jouant sur la vitesse d'injection de l'électrolyte, les conditions de l'écoulement sont modifiées ainsi que le flux d'électrolyte sur la
20 plaquette 31.

L'homme du métier choisira la cuve 1, le réacteur 2, etc. en matériaux isolants électriques, inertes chimiquement, hydrophiles et ayant une bonne tenue mécanique.

25 Un bac de rétention d'électrolyte peut être placé sur le conduit 4 en aval de la pompe pour ajuster le niveau de l'électrolyte dans la cuve 1, notamment quand le réacteur 2 est changé en ajoutant ou enlevant des tranches 7, pour vidanger la cuve 1 ou l'emplir de nouveau. Des vannes menant à la buse 11 et au bac de rétention sont commutées pour permettre à l'électrolyte

de s'écouler librement dans la cuve 1, ou pour refouler l'électrolyte dans le bac, ou pour permettre l'écoulement normal en circuit fermé dans le conduit 4.

Certains perfectionnements aux réalisations 5 précédentes sont donnés dans les dernières figures. La figure 5 illustre une tranche 70 différente de la précédente par la présence de trois encoches 71 remplaçant les deux encoches 26 et placées maintenant à 120 l'une de l'autre en rayonnant vers le centre afin 10 de recevoir une anode non représentée qui serait pourvue de trois bras rayonnants 25 au lieu de deux comme dans la réalisation précédente. Ce dispositif empêcherait à lui seul la rotation accidentelle de l'anode, et de meilleure façon que par les broches 60, 15 qui sont ici omises.

Surtout, la tranche 70 comporte des rainures 72 à son sommet, et une portion 73 des rainures 72 est libre et une autre portion 74 est façonnée avec une empreinte en crochet, comme le 20 représente la figure 6 qui est une coupe à travers cette portion. Les rainures 72 rendent possible l'insertion d'une poignée 75 (figure 7) comprenant une paire de tranches verticales 76 pénétrant dans les portions 73 et une paire de pions 77 en alignement 25 pénétrant dans les portions 74. Quand la poignée 75 est engagée dans les rainures 72 et soulevée, elle extrait la tranche 70.

On a constaté que cette extraction posait de sérieux problèmes pratiques à cause de la propension 30 des tranches 7 ou 70 à se coller quand elles ont été mouillées. Le dispositif décrit ci-dessus permet

d'extraire les tranches plus facilement, mais ne permet pas lui-même de les séparer, de sorte qu'il reste possible d'en extraire plusieurs à la fois. Le dispositif de la figure 8 est alors employé : il s'agit 5 d'un coulisseau 78 pourvu de deux ailes 79 et 80 dont la seconde est divisée par une fente 81. L'aile 79 porte une molette 82 et les deux moitiés de l'aile 80 portent chacune un pion 83.

Le réacteur comprend ici (figure 9) des 10 parois latérales 84 possédant chacune une paire de rainures 85 et 86 près de leurs bords supérieurs. Quand une tranche 70 doit être extraite, la face supérieure de la cuve est enlevée et les coulisseaux 78 sont installés sur les parois latérales 84 de façon que 15 leurs pions 83 entrent dans la rainure 85 à l'intérieur et les molettes 82 de la rainure 86 à l'extérieur. Il est alors possible de déplacer les coulisseaux 78 le long de l'empilement des tranches 70, de les arrêter devant la tranche 70 à extraire et de les retenir par 20 une rotation de la molette 82 qui la fait frotter contre les parois 84. La poignée 75 est alors glissée dans les rainures 72 de la tranche concernée, qui est extraite en passant par les fentes 81. Les coulisseaux 78 retiennent les tranches voisines.

REVENDICATIONS

1) Réacteur électrolytique, comprenant une chambre conique (13) ouverte à deux extrémités opposées, un support (30) d'une pièce à revêtir et une anode (20) disposés dans la chambre, respectivement vers l'extrémité large et l'extrémité étroite, et un moyen de circulation d'électrolyte à travers la chambre de l'extrémité étroite à l'extrémité large, caractérisé en ce que la chambre est composée de tranches (7) empilées et amovibles et d'une armature (22, 23) de maintien et de serrage des tranches.

2) Réacteur électrolytique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'une au moins des tranches contient une empreinte (26, 28, 29) au moins de logement de portions de support de l'anode.

3) Réacteur électrolytique selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que la chambre conique à un angle d'ouverture inférieur à 20° et régulier.

4) Réacteur électrolytique selon la revendication 3, caractérisé en ce que la circulation de l'électrolyte est coaxiale à la chambre conique dans une cuve (1) contenant ladite chambre, et en ce qu'il comprend un circuit d'électrolyte se bouclant sur la cuve.

5) Réacteur électrolytique selon la revendication 4, caractérisé en ce que le circuit d'électrolyte se raccorde à l'extrémité étroite de la chambre par une buse (11) ayant une ouverture conique prolongeant la chambre.

6) Réacteur électrolytique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le support (30) de la pièce à revêtir comporte des contacts électriques (38) de polarisation cathodique de 5 la pièce qui sont disposés autour du support, comprennent une extrémité libre (40) pressée sur la pièce (31), et une extrémité de connexion (44) s'étendant sur une face du support opposée à la pièce.

7) Réacteur électrolytique selon la 10 revendication 6, caractérisé en ce que les extrémités de connexion des contacts électriques sont reliées à des branches (37) flexibles d'un connecteur en étoile (36), uni au support (30) par un mécanisme (41) à écartement variable, en ce que le support comprend des 15 butées (35) sur lesquelles les branches fléchissent, et les contacts électriques sont en forme de crochets recourbés se dressant sur les branches.

8) Réacteur électrolytique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé 20 en ce que le support (30) de pièce (31) comprend un logement de pourtour et de profondeur ajustés à la pièce (31).

9) Réacteur électrolytique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé 25 en ce que le support de la pièce est monté amovible sur une armature (64) délimitant la chambre conique.

10) Réacteur électrolytique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la chambre conique, le support de la pièce à 30 revêtir, la pièce elle-même et l'anode sont coaxiaux.

11) Réacteur électrolytique selon la revendication 5, caractérisé en ce que la buse (11) est aussi composée de tranches empilées et amovibles.

12) Réacteur électrolytique selon l'une 5 quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les tranches (70) sont munies de moyens d'extraction (74) individuelle.

13) Réacteur électrolytique selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend des 10 coulisseaux (78) mobiles dans des rainures (85, 86) de parois latérales (84) de la cuve (1) et évidés (81) au-dessus d'une tranche (70) à extraire.

14) Réacteur électrolytique selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite tranche 15 (70) comprend au moins trois empreintes (71) de bras rayonnants de support de l'anode.

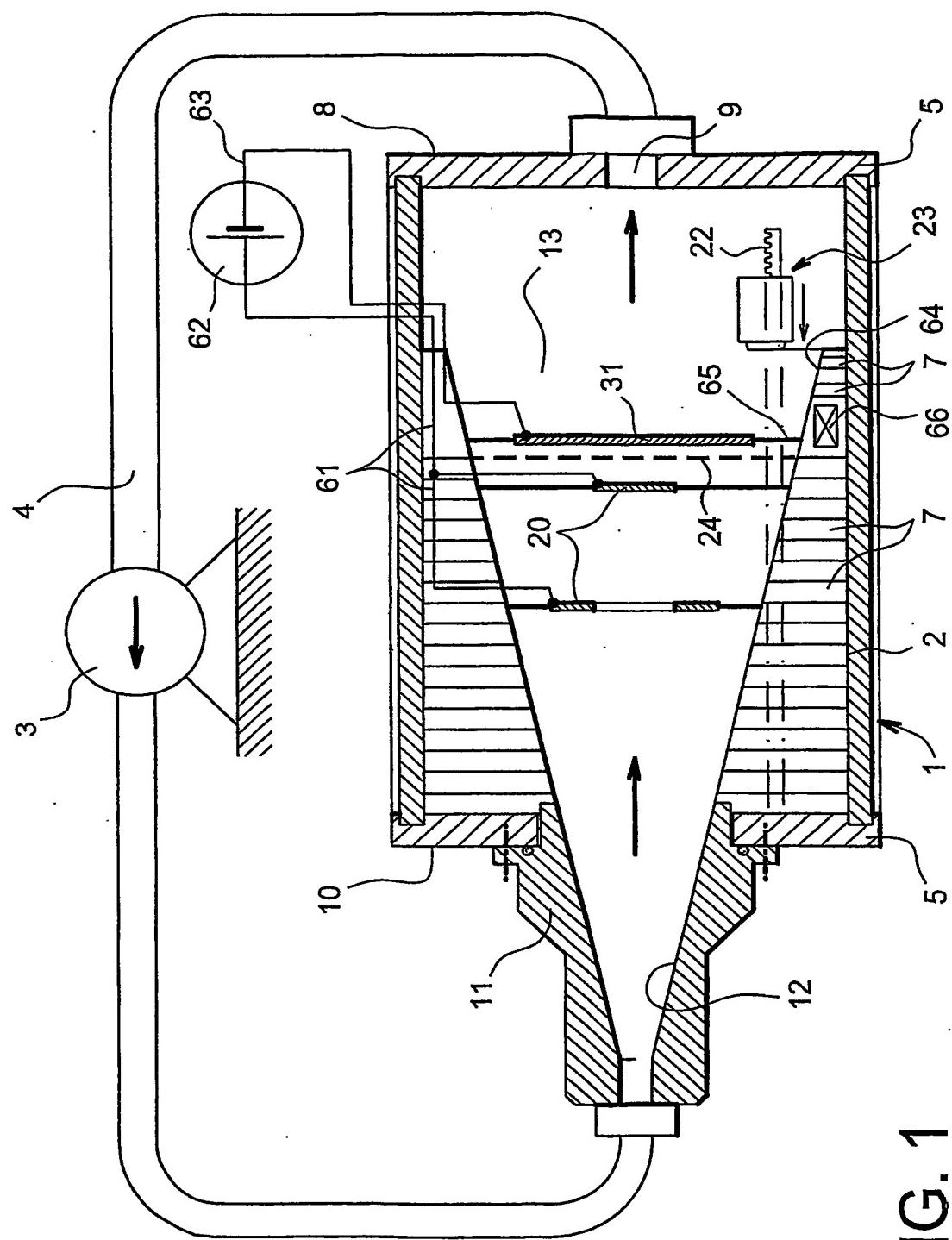


FIG. 1

2 / 5

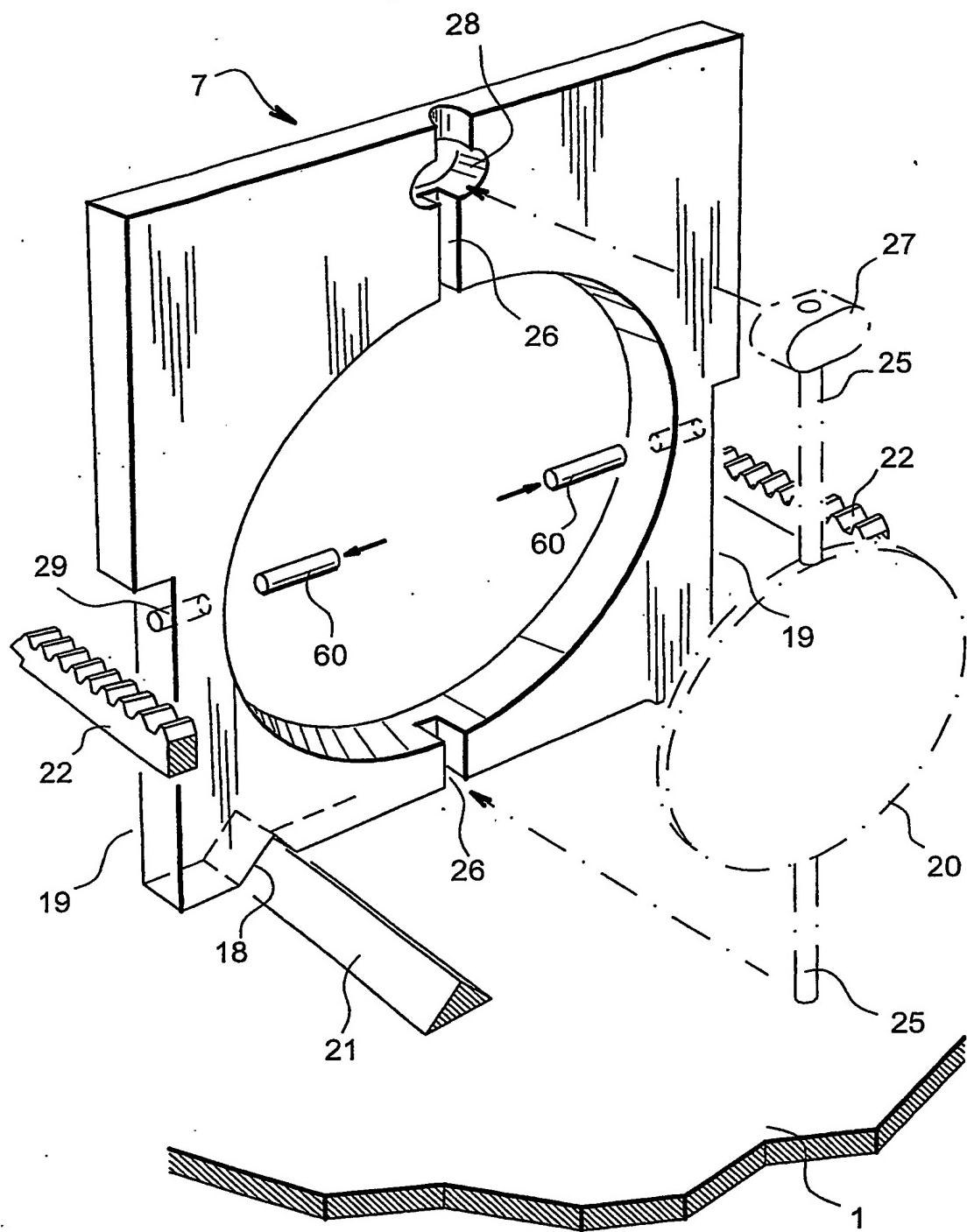


FIG. 2

3 / 5

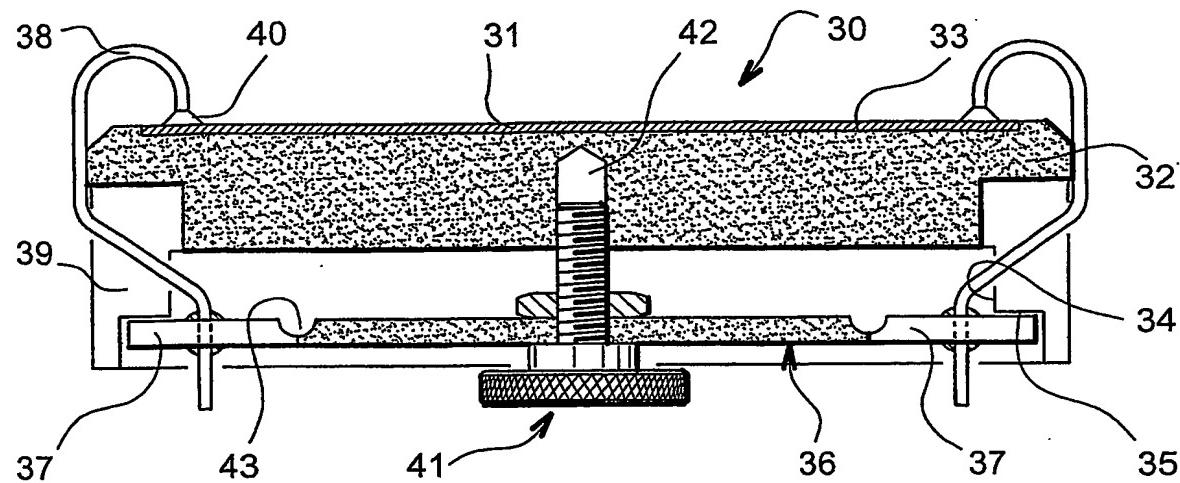


FIG. 3

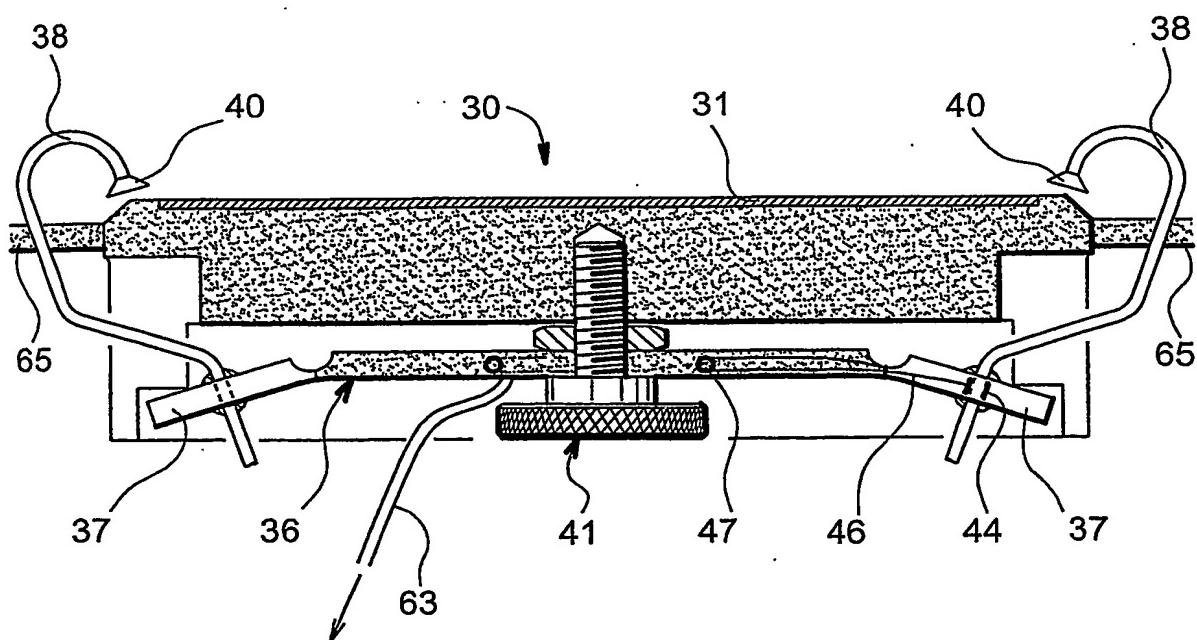


FIG. 4

4 / 5

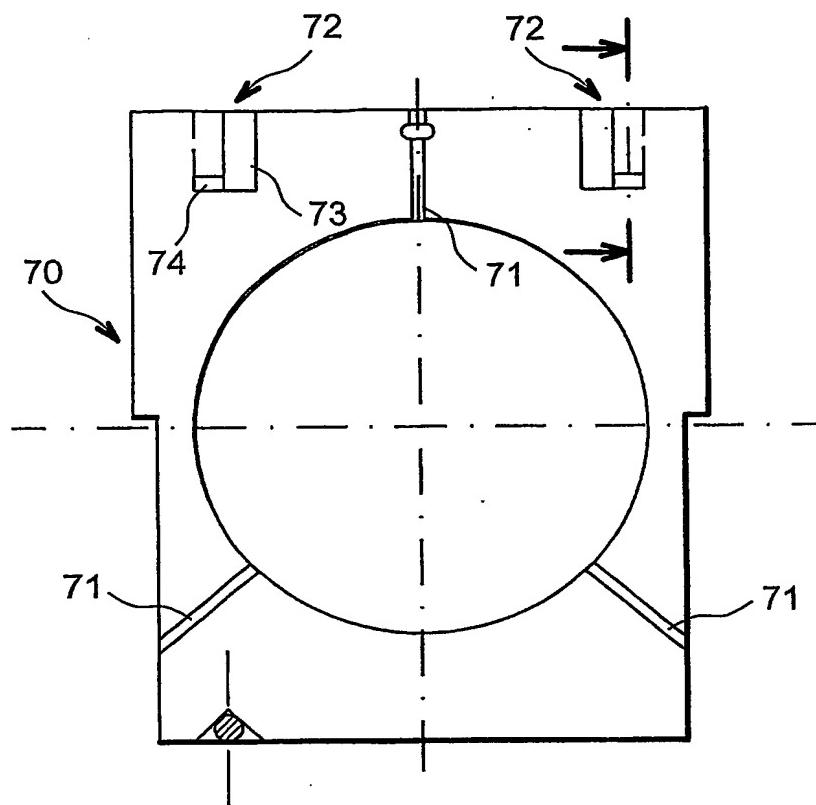


FIG. 5

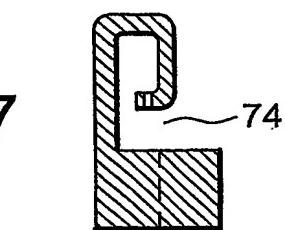


FIG. 7

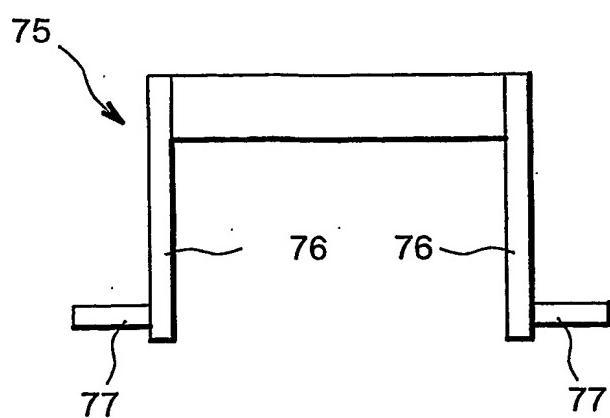


FIG. 6

5 / 5

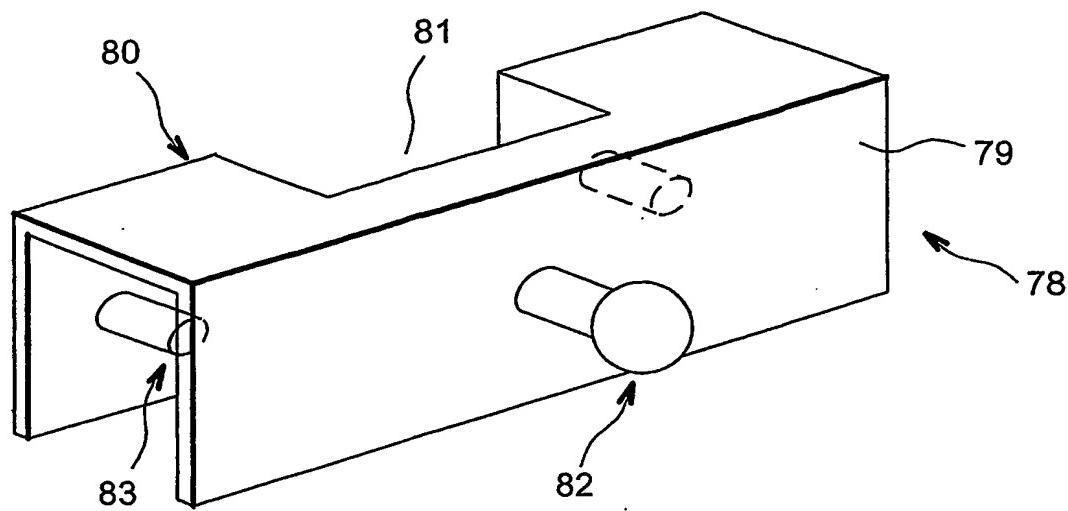


FIG. 8

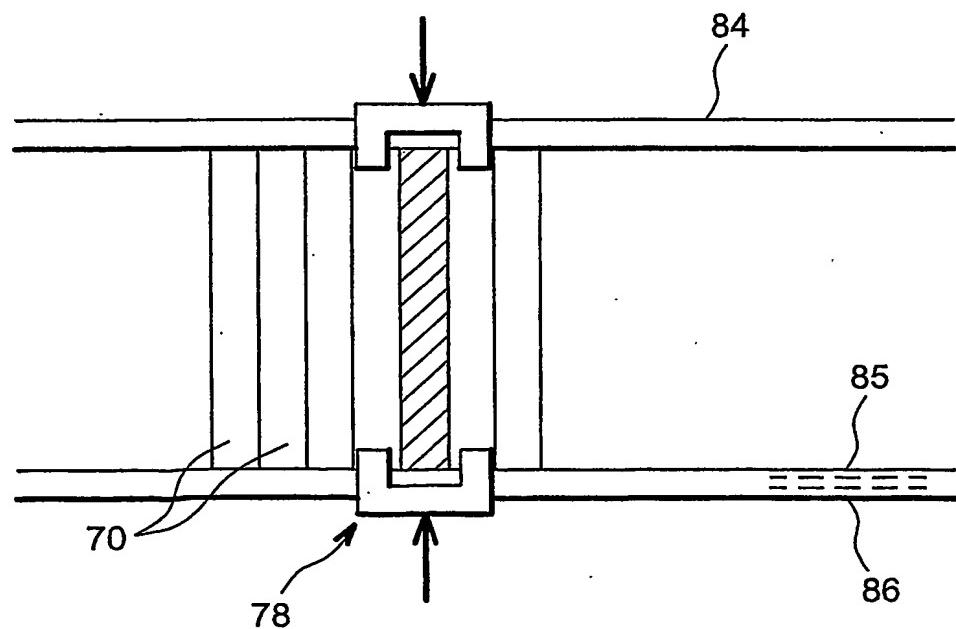


FIG. 9